

1/5/6 (Item 6 from file: 351)  
DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

10/539290

012032482 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1998-449392/199839

XRPX Acc No: N98-350498

Optical transmission systems using in-line amplifiers - has transmitter, repeaters and receiver respectively that include dispersion compensator

Patent Assignee: FUJITSU LTD (FUIT )

Inventor: KAWASAKI Y; MIYAUCHI A; OKANO S; YAMANE K

Number of Countries: 027 Number of Patents: 007

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week	
EP 862285	A2	19980902	EP 97116632	A	19970924	199839	B
JP 10242910	A	19980911	JP 9744407	A	19970227	199847	
AU 696526	B	19980910	AU 9738388	A	19970919	199848	
CN 1192093	A	19980902	CN 97119349	A	19971007	200276	
US 6570691	B1	20030527	US 97929090	A	19970915	200337	
US 20030194242	A1	20031016	US 97929090	A	19970915	200369	
			US 2003425864	A	20030430		
CN 1501599	A	20040602	CN 97119349	A	19971007	200465	
			CN 2003103733	A	19971007		

Priority Applications (No Type Date): JP 9744407 A 19970227

Cited Patents: No-SR.Pub

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 862285 A2 E 19 H04B-010/18

Designated States (Regional): AL AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI  
LT LU LV MC NL PT RO SE SI

JP 10242910 A 12 H04B-010/02

AU 696526 B H04B-010/17 Previous Publ. patent AU 9738388

CN 1192093 A H04B-010/18

US 6570691 B1 H04B-010/00

US 20030194242 A1 H04B-010/04 Div ex application US 97929090

Div ex patent US 6570691

CN 1501599 A H04B-010/12 Div ex application CN 97119349

Abstract (Basic): EP 862285 A

The system includes a transmitter (1), repeaters (3, 5), a receiver (7) and transmission paths (2,4,6) connecting these components. The transmitter (1) performs chirping whose a parameter is positive, for an optical signal. The transmitter (1), the repeaters (3, 5) and the receiver (7) respectively include a dispersion compensator (9,11,12,14).

A transmission pulse is narrowed by combining the characteristics of chirping parameter and the dispersion compensator on the transmitting side and is output to the transmission path. The characteristics of the chirping of the transmitter and the transmission path are cancelled out by combining the characteristics of chirping which occurs due to the influence of the nonlinear effect on the transmission path and the characteristics of the transmission path.

ADVANTAGE - Compensates transmission degradation due to fibre dispersion, ensures transmission characteristics of longer distance.

Dwg.2/10

Title Terms: OPTICAL; TRANSMISSION; SYSTEM; LINE; AMPLIFY; TRANSMIT; REPEATER; RECEIVE; RESPECTIVE; DISPERSE; COMPENSATE

Derwent Class: W02

International Patent Class (Main): H04B-010/00; H04B-010/02; H04B-010/04;  
H04B-010/12; H04B-010/17; H04B-010/18

International Patent Class (Additional): H04B-010/06; H04B-010/14;  
H04B-010/26; H04B-010/28

File Segment: EPI

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-242910

(43)Date of publication of application : 11.09.1998

(51)Int.CI. H04B 10/02  
                   H04B 10/18  
                   H04B 10/28  
                   H04B 10/26  
                   H04B 10/14  
                   H04B 10/04  
                   H04B 10/06

(21)Application number : 09-044407

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 27.02.1997

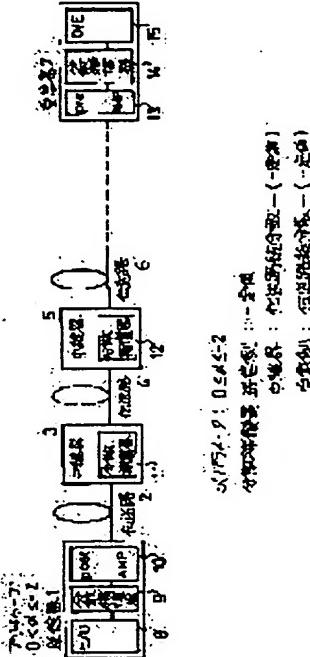
(72)Inventor : MIYAUCHI AKIRA  
                   YAMANE KAZUO  
                   KAWASAKI YUMIKO  
                   OKANO SATORU

## (54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM USING IN-LINE AMPLIFIER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide technology capable of compensating the deterioration of transmission especially due to fiber dispersion in an optical in-line amplifier system and securing longer distance transmission characteristics.

**SOLUTION:** In a system for connecting a transmitter 1 to a receiver 7 through transmission lines 2, 4, 6,... and repeaters (in-line amplifiers) 3, 5,..., red chirping of which  $\alpha$  parameter is positive is applied to an optical signal on the transmitting side and respective repeaters 3, 5,... are provided with dispersion compensators 11, 12,... capable of compensating the dispersion of prestage transmission lines 2, 4, 6,... The dispersion compensation value of a dispersion compensator 9 in the transmitter 1 is fixed and a dispersion compensator 14 in the receiver 7 is prepared so as to compensate the dispersion of its prestage transmission line. For instance, the dispersion compensators 11, 12 are resectively set up so as to compensate the dispersion of respectively corresponding transmission lines 2, 4. The spread of pulse width in the transmission line can be efficiently compensated by the compensation functions of these compensators 9, 11, 12, 14,... and red chirping on the transmitting side.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-242910

(43)公開日 平成10年(1998)9月11日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 4 B 10/02  
10/18  
10/28  
10/26  
10/14

識別記号

F I  
H 0 4 B 9/00

M  
Y

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 12 頁) 最終頁に統く

(21)出願番号 特願平9-44407

(22)出願日 平成9年(1997)2月27日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 宮内 彰

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 山根 一雄

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 大曾 義之 (外1名)

最終頁に統く

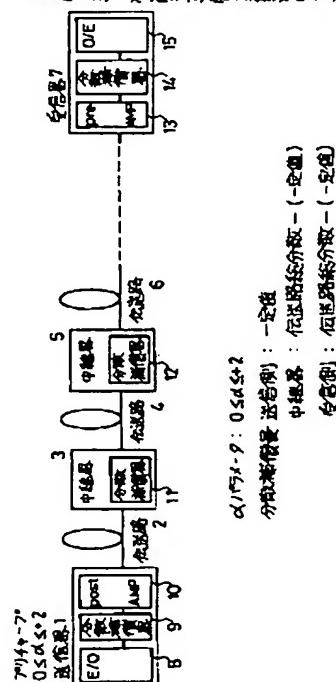
(54)【発明の名称】 インラインアンプを用いた光伝送システム

(57)【要約】

【課題】 光インラインアンプシステムにおいて、特にファイバ分散による伝送劣化を補償し、より長距離な伝送特性の確保を可能にする技術を提供する。

【解決手段】送信器1と受信器7を伝送路2、4、6・・・及び中継器(インラインアンプ)3、5・・・で接続するシステムにおいて、送信側ではαパラメータが正のレッドチャーブを光信号に対して行い、各中継器3、5・・・では、前段の伝送路2、4、6・・・の分散を補償するだけの分散補償器11、12・・・を設ける。送信器1の分散補償器9の分散補償量は一定とし、受信器7の分散補償器14は、前段の伝送路の分散を補償するように設ける。例えば、分散補償器11は伝送路2の分散を、分散補償器12は伝送路4の分散を補償するように設定する。これらの分散補償器9、11、12、14・・・の補償機能と送信側でのレッドチャーブにより、伝送路でのパルス幅広がりを効率的に補償することが出来る。

本発明の一実施例の基本構成を示す図



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】送信器、中継器、受信器、及びこれらを接続する伝送路からなるインラインアンプを用いた光伝送システムにおいて、

前記送信器は、光信号に $\alpha$ パラメータが正のチャーピングを行い、

前記送信器、前記中継器及び前記受信器は、分散補償器を有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項2】送信器、中継器、受信器、及びこれらを接続する伝送路からなるインラインアンプを用いた光伝送システムにおいて、

前記中継器及び前記受信器は、該中継器あるいは該受信器の前段の伝送路の分散を補償するだけの分散補償量の分散補償器を有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項3】前記 $\alpha$ パラメータは0から2の範囲で設定することを特徴とする請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項4】前記送信器には、一定の分散補償量を有する分散補償器が設けられていることを特徴とする請求項2に記載の光伝送システム。

【請求項5】前記送信器に設けられた前記分散補償器の分散補償量を $-1200\text{ p s/nm}$ 以下に設定することを特徴とする請求項4に記載の光伝送システム。

【請求項6】前記中継器あるいは前記受信器の有する前記分散補償器の分散補償量は、それぞれ $-2300\text{ p s/nm}$ 以下に設定することを特徴とする請求項1または2に記載の光伝送システム。

【請求項7】前記 $\alpha$ パラメータの値を+1程度にし、前記送信器の分散補償器の分散補償量を $-600\text{ p s/nm}$ 程度に設定し、

前記中継器あるいは前記受信器の前段の伝送路の長さが $0 \sim 22\text{ km}$ の範囲では前記中継器あるいは前記受信器の分散補償器の分散補償量を $0\text{ p s/nm}$ とし、

前記中継器あるいは前記受信器の前段の伝送路の長さが $22 \sim 38\text{ km}$ の範囲では前記中継器あるいは前記受信器の分散補償器の分散補償量を $-300\text{ p s/nm}$ 程度とし、

前記中継器あるいは前記受信器の前段の伝送路の長さが $38 \sim 58\text{ km}$ の範囲では前記中継器あるいは前記受信器の分散補償器の分散補償量を $-600\text{ p s/nm}$ 程度とし、

前記中継器あるいは前記受信器の前段の伝送路の長さが $58 \sim 78\text{ km}$ の範囲では前記中継器あるいは前記受信器の分散補償器の分散補償量を $-900\text{ p s/nm}$ 程度とし、

前記中継器あるいは前記受信器の前段の伝送路の長さが $78 \sim 80\text{ km}$ の範囲では前記中継器あるいは前記受信器の分散補償器の分散補償量を $-1200\text{ p s/nm}$ 程度とし、前段の伝送路の長さに応じて中継器及び受信器の分散補償器の分散補償量を変更することを特徴とする

2

請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項8】前記分散補償器は分散補償ファイバからなることを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項9】前記分散補償器はファイバグレーティングからなることを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項10】前記分散補償器は導波路型分散等化器からなることを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項11】前記分散補償器は共振器型分散等化器からなることを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の光伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ファイバを用いる光伝送システムに係り、特に、インラインアンプを使用した光伝送システムに関する。

## 【0002】

20 【従来の技術】光伝送システムは、大容量化や長スパン化を目指し開発が行われている。大容量化としてはビットレートの拡大や波長多重方式が検討されている。又、長スパン化としては光アンプの導入があげられる。光アンプは、送信電力の高出力化（ポストアンプ）、受信電力の高感度化（プリアンプ）や中継器（インラインアンプ）があり、製品レベルの開発が行われている。この光アンプの導入により、送受信の光強度のレベル差が拡大され、許容できるファイバのロスは拡大した。

【0003】その中でも、ポストアンプやプリアンプを用いたシステム構成は既に実用化されている。更に、再生中継間隔の拡大を目指し、インラインアンプの開発が行われている。ここで、インラインアンプとは光信号を電気信号に変換せずに光信号のまま増幅して送出する中継器のことである。

【0004】しかし、インラインアンプを用いたシステムでは、アンプの多段接続により、アンプで生じる自然放出光の累積が生じ、S/N比が劣化するという新たな問題が生じる。S/N比の劣化は受信器の最小受信電力の劣化となる。この点を考慮し、所要のシステムゲインを得るためにには、送信電力の高出力化が必要となり、送信電力の下限値が決まる。又、送信電力を高出力化（伝送路の長さや波長にも依存するが分散シフトファイバでは $+13\text{ dBm}$ 、シングルモードファイバでは $0\text{ dBm}$ 以上に）すると、ファイバの非線形効果による波形劣化が顕著に現れてくる。そのひとつとして、光カーブ効果（屈折率が光強度に依存して変化する）がある。これは、信号光パルスの立ち上がり及び立ち下がり部分において周波数（波長）シフトが生じる現象（自己位相変調：SPM）である。この場合たとえ伝送前の信号光波長幅が狭くても、伝送中に波長幅の広がりが生じ、同時

50

にファイバ分散の影響で受信波形の変化が大きくなる。つまり、この様な影響を考慮し、送信光電力の上限値が決まる。

【0005】ここで、ファイバ分散とはファイバ中を伝播する光の速度がその波長に依存することである。ある波長幅を有する光パルスは、ファイバ伝送後にパルス幅が増大又は圧縮される性質があり、このことをファイバ分散と呼ぶ。従って、光伝送システムにおけるファイバ伝送後の受信波形は、この波長分散によって変化することになり、その程度によっては伝送エラーを生じることになる。そのため、ファイバ分散による伝送距離への制限が出てくる。

【0006】これらのような非線形効果や分散は光信号をそのまま增幅するインラインアンプを使用したシステムでは、光信号が伝搬して行くにつれ積算されていくために、適切に補償しなければ受信側で正常に光信号を受信することは全く出来なくなってしまう。

【0007】これに対し、従来では送信側のブルーチャーブと中継器及び受信器における分散補償とを組み合わせたシステムが考えられていた。図10は、従来のプリチャーブと分散補償器の組み合わせを示す図である。

【0008】図10では、送信器1000と受信器1010の間を伝送路1003、1006、1009及び中継器1004、1007でつないでいる。送信器1000は、電気信号を光信号に変換するE/O1001とボストアンプ1002からなっている。送信器1000は、光信号を出力する場合、光信号にブルーチャーブをかけて送出する。送出された光信号は伝送路1003を通って中継器1004に入力される。中継器1004では、光信号を增幅すると共に分散補償器1005により分散補償を行う。分散補償の大きさは一定値である。更に増幅され、分散補償された光信号は、伝送路1006を通って、中継器1007に入る。ここでも増幅と分散補償器1008による分散補償が行われ、伝送路1009に送出される。この後、受信器1010に到達するまで必要個数の中継器を通る。受信器1010では、受信した光信号をプリアンプにより増幅し、分散補償器1012で分散補償してO/E1013に入力し、光信号を電気信号に変換して、必要なデータを取り出す。

【0009】即ち、従来は、プリチャーブとしてはブルーチャーブ（特に、チャーピングパラメータ $\alpha = -1$ ）、分散補償器の挿入箇所としては、インラインアンプ内及び受信器側（プリアンプとO/Eの間）での補償の組み合わせである。ブルーチャーブは、十分散のファイバで使用すると、十分散のファイバの特性とチャーピングの特性により、出力パルスが圧縮され、比較的伝送距離が伸びる。特に、光アンプを用いないシステムにおいて、波長1.5 μm帯の光信号が、シングルモードファイバ（1.3 μm零分散）を伝送する際に有効である。よって、光アンプを用いたシステムにおいても、こ

のプリチャーブと後置補償による分散補償が有効と考えていた。この時、分散補償量はある残留分散値（伝送ファイバの総分散から分散補償量を引いた値）を一定にするように補償量設定すると、安定した伝送特性が得られる。

【0010】しかし、この方式で光アンプの導入による送信電力の高出力化を行うと、光ファイバの非線形効果の影響が顕著に現れる。この非線形効果の影響はブルーチャーブ特性と同等であり、送信波形は、送信器のプリチャーブと光ファイバの非線形効果両者の影響により、パルス幅が圧縮される。その結果、非線形効果による影響が顕著に現れ、分散に対し、波形変化が大きく現れる。

【0011】  
【発明が解決しようとする課題】送信時にブルーチャーブを行う方式における問題点は、

1) 高出力化が出来ない。

【0012】2) 送信側での分散補償が有効でない。  
3) 2) の結果、インラインアンプ／受信側での補償を行なう。そのため、分散補償器の損失が大きくなりその許容が伝送距離の拡大に伴い困難になる。分散補償器の損失の許容を大きくするため、O/Eへの光入力を下げるることは受信感度の劣化につながり、限界がある。又、使用する分散補償器によっては、光入力パワーに上限があるものもある。

【0013】4) 伝送特性の確保できる分散補償量のトランクが狭い。  
5) 4) の結果、製品として、伝送距離に応じた分散補償器のメニュー設定を行なったとき、メニュー数が多くなる。

等があげられる。

【0014】本発明の課題は、光インラインアンプシステムにおいて、特にファイバ分散による伝送劣化を補償し、より長距離な伝送特性の確保を可能にする技術を提供することである。

【0015】  
【課題を解決するための手段】本発明の光伝送システムは中継器（インラインアンプ）を使用することを前提とし、送信器、中継器、受信器、及びこれらを接続する伝送路からなる。そして、送信器は光信号に $\alpha$ パラメータが正のチャーピングを行い、中継器及び受信器は、該中継器あるいは該受信器の前段の伝送路の分散を補償するだけの分散補償量を有する分散補償器を有することを特徴とする。

【0016】光信号が伝送路で受けた非線形効果はブルーチャーブに相当するので、送信側で $\alpha$ パラメータが正のレッドチャーブを行うことにより、この非線形効果を補償することができる。光信号の波形劣化を防ぐ効果を示す。

【0017】又、中継器や受信器において、前段の伝送

路における分散を補償するように分散補償量を設定することにより、各中継器や受信器に一定の分散補償量を設定するよりも効果的に光信号の劣化を防止することが出来る。

【0018】以上のような構成により、送信側で光出力を大きくしても非線形効果を補償するレッドチャーブにより波形劣化を防いで光信号を伝送することができる。又、中継器や受信器における分散補償量のメニューとして単位ユニットを組み合わせたものとすることが出来るので、製品としての実現性が高い。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施例の基本構成を示す図である。同図においては、送信器1と受信器7の間を伝送路2、4、6・・・及び中継器3、5・・・で接続している。送信器1は、E/O（電気信号／光信号変換器）8、分散補償器9、及びポストアンプ10で構成されている。E/O8は、電気信号を光信号に変換する機能を担い、分散補償器9は、送信器1側において一定の分散補償を行うものである。ポストアンプ10は、光信号を伝送路に送り出す際に遅くまで伝送できるように光出力を増幅させるものである。又、本発明においては、送信器1側で $\alpha$ パラメータが0から+2の間のレッドチャーブを行う。中継器3、5内部の分散補償器11、12は、それぞれ前段の伝送路（前段の中継器から自中継器までの伝送路；中継器と中継器の間の伝送路の長さを1R伝送距離あるいは1R間隔という）の分散を補償すべく分散補償量を調整されるものである。即ち、分散補償器11は伝送路2の分散を補償するだけの分散補償量を有しており、分散補償器12は伝送路4の分散を補償するだけの分散補償量を有している。以下、図示されてはいないが、その他の中継器に設けられる分散補償器も中継器の前段の伝送路の分散を補償するだけの分散補償量を有するように構成する。受信器7は、プリアンプ13、分散補償器14、O/E（光信号／電気信号変換器）15からなっている。プリアンプ13は、伝送してきた光信号を検出しやすいように増幅するものである。分散補償器14は、受信器7の前段の伝送路の分散を補償するために設けられ、O/E15は、光信号を電気信号に変換し、データの取り出しを行うための装置に送信する。

【0020】送信側では、送信チャーブと送信側分散補償の特性により、パルス幅圧縮し、伝送路へ送出する。伝送路では、ファイバの非線形効果による影響（パルス幅圧縮）とファイバの分散による影響（パルス幅増大）を受ける。両者の相反する効果は打ち消す方向であるため、分散に対し、小さい波形変化に抑えられる。分散による劣化は、各段のインラインアンプ及び受信側の分散補償で、波形改善（パルス圧縮）され、受信器に入力される。

【0021】この補償方式での利点としては、先ず、送

信側の分散補償が有効となる。これは、送出する波形を予めパルス圧縮する上で必要になる。パルス圧縮し、伝送路へ送出することにより、論理0側の符号間干渉量が減り、より良い伝送特性が得られる。つまり、この波形圧縮の最適化が重要となり、送信チャーピングの量や送信側の分散補償量が決まってくる。

【0022】次に伝送特性の確保できる分散補償量のト10レランスが広く取れる。これは、送信器のプリチャーブがシッドチャーブであるため、+分散の光ファイバ伝送時は波形がパルス増大される。それに対し、光ファイバの非線形効果による影響はブルーチャーブ特性と同等のため、パルス幅圧縮となる。つまり、送信器のプリチャーブにより、非線形効果の影響は打ち消される。その結果、分散に対し、小さい波形変化に抑えられる。よって、分散補償量に対し、所要伝送特性を満足できる伝送距離範囲が広くなり、分散補償器のメニュー削減へつながる。つまり、この方式で最も重要な点は $\alpha$ パラメータの設定である。

【0023】即ち、図1のシステムにおいては、送信側20では、チャーピングパラメータの特性と分散補償器の特性の組み合わせにより、送信パルスを圧縮し、伝送路へ送出するようになっている。又、伝送路においては、送信器のチャーブ特性、伝送路での非線形効果の影響により生じるチャーブ特性と伝送路の特性の組み合わせにより、送信器と伝送路でのチャーブ特性を打ち消す方向としている。受信側では、チャーピングパラメータの特性と分散補償器の特性の組み合わせにより、分散により劣化した波形を補償（パルス圧縮）するようになってい

る。  
30 【0024】図2は、 $\alpha$ パラメータの変化に対する1R伝送可能距離範囲の依存性を示した図である。これは、分散補償量及び区間数の条件を固定し、所要伝送特性を満足できる1R伝送可能距離範囲をそれぞれの $\alpha$ パラメータについて求めた結果である。同図(a)に示されているように、送信器21と受信器22との間には3段の中継器23、24、25が設けられており、それぞれが伝送路26、27、28、29によって接続されている。送信器21、受信器22、およびそれぞれの中継器23、24、25の分散補償量は一定値に固定し、1R伝送間隔をパラメータとしたとき、所要の伝送特性が得られる範囲をそれぞれの $\alpha$ パラメータ毎に求めたものが同図(b)である。

【0025】同図(b)に示されるように、1R伝送距離範囲は $\alpha$ パラメータが正の場合に大きく取れる。実際には、 $\alpha$ パラメータが0に近いところでは、1R伝送距離が小さくなっているが、先ず、 $\alpha$ パラメータが正と負で考えたとき、光出力を強くすることによって伝送路に生じる非線形効果を打ち消すためには、 $\alpha$ パラメータを正に設定するのが有効である。従って、 $\alpha$ パラメータは正の値を採用する。更に、同図(b)の結果から、 $\alpha$ パ

ラメータが1の付近が最も良いと推定されるが、もともとこの図は送信出力を+14dBmとしており、その条件下での結果であって、送信出力を変化させると $\alpha$ パラメータの最適値もシフトすると考えられる。

【0026】インラインアンプシステムにおける送信出力としては、現状+5～+17dBm程度が想定されるため、+14dBmに対して-9～+3dB程度変化することが考えられる。ここで、光源の周波数シフト量は $\alpha$ パラメータに比例し、また伝送路ファイバの非線形効果による周波数シフト量は、伝送距離を一定とした場合、送信出力に比例するため、両者が補償関係にある本発明の場合は、 $\alpha$ パラメータの最適値は送信出力の変化分に比例して変化するものと考えられる。

【0027】これにより、 $\alpha$ パラメータの最適値は+1に対して-9～+3dB即ち、0、125から2の範囲で $\alpha$ パラメータの最適値が変化することが予想される。但し、下限については、光アンプを使用せず、送信出力が低い場合も考慮して極限である0に置き換え、最終的には0～2の範囲が $\alpha$ パラメータとして有効な範囲であると考えられる。

【0028】従って、この1R伝送可能距離範囲は、 $\alpha$ パラメータが正の範囲で広く取れる。この1R伝送可能距離範囲が広く取れるということは、分散補償器のメニュー削減を可能とする。よって、 $\alpha$ パラメータを正の範囲で設定するのが有効である。

【0029】以上より、従来方式からの改善点をまとめると、以下の点があげられる。

1) 伝送特性の確保できる分散補償量のトレランスが広くなる。  
2) 1) の結果、製品として、伝送距離に応じた分散補償器のメニュー設定を行ったとき、メニュー数が削減できる。

【0030】図3は、シングルモードファイバ伝送時のメニュー設定例を示す図である。同図(a)に示されるように中継器数3とし、1R間隔が0～80kmの範囲で分散補償が行えるように設定を行った。分散補償器は送信機21、受信器22、及び中継器23、24、25のいずれにも設けられ、送信側分散補償量を-600ps/nmとし、インラインアンプ内・受信側分散補償量のメニュー検討を行った。

【0031】同図(b)がインラインアンプ内・受信側分散補償量のメニュー検討の結果である。同図(b)で斜線を入れた部分が各分散補償量の場合の許容1R間隔を示している。同図(b)によれば、分散補償量が0ps/nmの時には約22kmまでの範囲をインラインアンプ間あるいはインラインアンプと受信器間の1R伝送距離として取ることが出来る。約22km以上の1R伝送距離を取ろうとする場合には、インラインアンプ内あるいは受信側での分散補償量を-300ps/nmとすればよい。これにより、約22kmから約38kmまで

の1R伝送距離をカバーすることが出来る。同様に、約38kmから約58kmまでは-600ps/nm、約58kmから約78kmまでは-900ps/nm、約78kmから約80kmまでは-1200ps/nmと分散補償量を設定することにより、インラインアンプ間あるいはインラインアンプと受信器間の伝送路の分散を補償することが出来る。

【0032】この様に、1R間隔を80kmまでの範囲で設定するときには、分散補償メニューとして、0、-1000、-600、-900、-1200ps/nmの5つのメニューを用意すれば、光信号の波形劣化を防いで、インラインアンプを使用した光伝送システムを構築することが出来る。

【0033】ところで、実際のシステムでは、1R間隔が区間毎に違う場合もある。その場合もこの方式では、所要の伝送特性が得られるように分散補償を行うことが出来る。本発明においては、この分散補償量を、中継器の前段の距離に応じて設定することが特徴である。

【0034】図4は、シングルモードファイバ伝送において、1R間隔が区間毎に異なる場合の分散補償の方法と受信側での波形劣化の様子を示す図である。送信側の分散補償量は-600ps/nmとし、インラインアンプ/受信側補償方法を2通り示した。上段の補償条件は3R伝送距離に応じ、インラインアンプ内、受信側分散補償を均一に設定、下段の補償条件は1R伝送距離に応じ、インラインアンプ内、受信側分散補償を個々に設定した。図4には、O/Eの等化波形のみ示した。

【0035】同図上段の補償条件においては、インラインアンプ内、及び受信側分散補償量を-600ps/nmに一律に設定している。これにより、1R間隔の様々なパターンに対し得られたアイパターンを見ると、1R間隔を80kmと10kmで交互に設定した場合には、ある程度のアイ開口が得られているが、その他は、殆どアイ開口が得られていないために、正常に「1」、「0」の論理を読みとることが出来ないほどになっている。

【0036】これに対し、下段の補償条件においては、インラインアンプ内、及び受信側分散補償量を前段の1R間隔に合わせて、1R間隔が10kmの時は分散補償量は0ps/nm、80kmの時は分散補償量を-1200ps/nmと設定している。このメニューの設定方法は図3(b)のグラフに従って行っている。

【0037】このように前段の1R間隔に合わせて分散補償量を適切に設定することによって、図4の下段のアイパターンに示されるように、アイ開口が十分広く得られ、「1」、「0」の論理を正確に得ることが出来る。

【0038】特に、1段目に10kmという短い距離が来ているときに、補償方法による伝送特性の差は大きく現れ、補償条件の方が良好な波形が得られている。つまり、分散補償は中継器の前の距離に応じて、補償量を

決定する方法が有効である。

【0039】図5は、送信側分散補償量に対する所要伝送特性を満たす1R段数をそれぞれの $\alpha$ パラメータについて求めた図である。同図の場合には1R伝送距離を80kmに固定し、インラインアンプ内及び受信側分散補償量をそれぞれ-1000ps/nmとした。ここで、1R段数とは線形中継器による中継数である。

【0040】同図によれば、 $\alpha$ パラメータが負の場合には、いずれの場合にも2段までしか所要伝送特性を満たすことは出来ないが、 $\alpha$ パラメータを正に取るとこれが改善されることが示されている。特に、 $\alpha$ パラメータが+1の時が最も所要伝送特性が広く得られ、送信側の分散補償量は-1200ps/nmが上限となることが示されている。

【0041】ここで、所要伝送特性が得られるとは、光パルス信号の波形の変形が、何の影響もないときに比べ振幅方向に10%、幅方向に70%の変形にとどまる場合を言う。

【0042】従って、同図から、 $\alpha$ パラメータが負よりは正の方が所要伝送特性が得られる伝送距離を長くとることができることが示されており、特に+1の時には最も長い伝送距離を取ることが出来る。

【0043】但し、この $\alpha$ パラメータの最適値は光信号の送信出力に依存するので、光出力を変化させると、最も長い伝送距離を得ることが出来る $\alpha$ パラメータの値は変化することを考慮する必要がある。少なくとも、同図からは $\alpha$ パラメータを負に設定するのではなく、正に設定する方が良いことが言える。

【0044】図6は、1R間隔対1R残留分散量を示した図である。同図においては、1R段数（中継数）を3段とし、 $\alpha$ パラメータを+1、光送信電力を+13～+14dBmとし、送信側分散補償量を-600ps/nm、インラインアンプ内及び受信側分散補償量を0～-1200ps/nmとしている。この場合において、1R間隔を0～80kmの間で1R残留分散量（1R間隔での残留分散）を調べたものである。

【0045】同図によれば、1R間隔が変わっても1R残留分散値を100～400ps/nm程度に設定すれば、所要の伝送特性が得られることが分かる。同図では、中継数3段の場合であるが、中継段数を2段とすると、中継間隔は最大120kmまで延びることが予想される。そこで、受信側最大分散補償量としては、中継間隔120kmの場合を想定して求めた。これにより、ファイバ分散値を20ps/nm/kmとすると、1R伝送路分散は2400ps/nmとなり、1R残留分散補償量の最小値100ps/nmを引くと、受信側最大補償量は-2300ps/nmと求まる。

【0046】ところで、上記、実施例においては、伝送路で光信号が受ける非線形効果が無視できなくなるほど高速な伝送速度の場合を前提としており、例えば、1

0Gbit/secの伝送速度を念頭に置いている。

【0047】上記いずれの例においても、受信側で用意する分散補償器と同じ分散補償量の単位ユニットを組み合わせた構成とすることが出来る。例えば、図3（b）のメニュー設定の例によれば、インラインアンプ内・受信側分散補償量は、0、-300、-600、-900、-1200ps/nmと-300ps/nmの倍数の分散補償量で、1R間隔を80kmまでカバーすることが出来る。従って、メニューとして-300ps/nmを単位ユニットとし、これを組み合わせて必要な分散補償量を得る構成とすることが出来る。

【0048】即ち、基本的に分散補償量は伝送距離（伝送路で生じる分散量）に応じて変える必要がある。従来の方法としては、伝送路ごとに分散量を測定し、残留分散量が一定になるように分散補償量を設定する方法があるが、この方法では分散補償器の種類が無数に必要となり、オーダーメイドになるので、経済的な面で実用化するには問題が生じる。又、適宜伝送距離を区分して、その区分毎に分散補償量を決め、分散補償器メニューを設定する方法もあるが、メニュー数が多い場合には、予備用品の種類も増大し、経済的でないという問題点がある。

【0049】しかし、本発明においては、ある分散補償量の最小単位（例えば-300ps/nm）を設定し、基本的に、分散補償のための単位ユニットの種類としてはその1種類のみとするものである。そして、伝送距離に応じて必要な分散補償量となるよう、そのユニットを順次複数接続していく。このような分散補償器を用いると、移設などで伝送距離を変える場合でも、分散補償器そのものを変える必要がなく、単位ユニットの追加または削除だけで対応できる。又、予備用品の種類も1種類となるので非常に経済的である。

【0050】しかしながら、使用条件（ファイバのばらつき、出力パワーの変化など）によっては、上記の方法では伝送特性が確保出来ない可能性もある。この様なケースが万一発生した場合の対応として補正用の分散補償ユニット（例えば、-100ps/nm）を用意し、これを追加して微調整することが有効である。

【0051】更に、分散補償器の入出力レベルが固定されていて、分散補償器の損失が分散補償量によらず、一定の範囲内に入る事を要求されるケースもある。例えば、O/Eの入力レベル、ポストアンプの入力レベル等である。この様な場合は光アッテネータを追加使用することやスプライスする時に故意に光軸をずらしロスを入れるなどして、分散補償量を変えた場合でも分散補償器の損失が要求の範囲内に入るようにし、後続の装置に影響を与えないようにする。

【0052】単位ユニットの接続方法としては、スプライスによる接続（ファイバ同士の融着）、コネクタによる接続等が考えられるが、ユニット自体に着脱可能な構

造を持たせる事も考えられる。

【0053】図7は、分散補償器の単位ユニットを説明する図である。同図(a)、(b)はユニット配置の種類を示しており、同図(a)は、縦または横に並べていく配置、同図(b)は重ねていく配置である。

【0054】同図(c)、(d)は、この時の接続方法で、特に、同図(c)は向かい合う面のどちらかに、入力端子または出力端子の一方を配し、反対の面に残った一方の端子を配して接続する方法、同図(d)は1つの面に入出力端子の両方を配する構造で、この場合はユニット内にスイッチング回路を装備し、ユニットを接続したとき、端子を差し込まれたユニットがこれを検知して、閉じていた部分をオープンにしてから接続する方法である。

【0055】図8は、分散補償器の単位ユニットに用いる光スイッチの一構成例である。同図(a)には、図7(d)の構成において単位ユニットが挿入されたことを検出する構成が示されている。スイッチ132、133が閉じているときには光路はA-C間に設定され、光は出力口130から入って出力口131から出していく。この構成の場合、出力口131から光を入れて、出力口130から出していくようにすることも可能である。分散補償は光路Aの部分で行われ、光路Cの部分は分散補償機能のない通常の光路を形成している。

【0056】次に、この次段に別の単位ユニットがはめ込まれる場合には、次段の出力口がユニット挿入検出器135、136の部分にはめ込まれる。ユニット挿入検出器135、136は、次段に単位ユニットがはめ込まれたことを検出し、ユニット挿入検出信号処理部137に信号を送る。ユニット挿入検出信号処理部では、この信号にもとづいて、スイッチ132、133に制御信号を送る。これにより、スイッチ132、133は、光路を切り替え、光がA-B間を通過するように光路を形成する。

【0057】スイッチ132、133は、電気信号を受けて光路を変えられるものであればどのようなものでも良く、例えば、機械式のスイッチが市販されている。同図(b)は、ユニット挿入検出器の具体的構成例を示したものである。

【0058】ユニット挿入検出器は、単位ユニットのコネクタ138の部分に設けられたアダプタ139に取り付けられる。同図(b)の場合には、爪状の突起が検出部141として設けられており、次段の単位ユニットの出力口に設けられたコネクタ140がアダプタ139にはめ込まれると、検出部141の爪が移動して電気的に接続された別の場所に設かれているスイッチ142をオンにして、接続検出出力を生成する。これをユニット挿入検出信号処理部137が検出して単位ユニット内の光路の切り替えを行う。

【0059】分散補償を行う構成として分散補償ファイ

バを使用することが可能であるが、この他にも様々なものが分散補償に使用する事が出来る。図9は、分散補償ファイバ以外の分散補償のための構成例を示した図である。

【0060】同図(a)はファイバグレーティング型分散等化器を示す図である。ファイバ143中にグレーティング(周期的な屈折率変化)144を与え、その周期を次第に変えておく、これに光を入射すると波長に応じて異なる位置で光が反射して戻ってくる。即ち、波長に応じ、異なる遅延時間を与えられた光が戻ってくるので、これをサーチュータ145により取り出し、分散等化する。ファイバグレーティングに対する入力方向を反対にすれば逆符号の分散特性が得られる。

【0061】同図(b)は導波路型分散等化器を示す図である。例えば、Si基板上に石英(SiO<sub>2</sub>)で導波路146を形成し、上部導波路147と下部導波路148で位相が異なるよう位相シフタ149を設ける。入力光信号は、位相シフタ149による位相調整により、例えば長波長側の成分は主に下側を伝搬し、短波長側の成分は上側を伝搬する。このような導波路を複数回伝搬させることにより、負の分散特性を得ることが出来る。位相調整により、逆符号の分散特性を得ることもできる。位相シフタ149としては、例えば、薄膜ヒータが用いられる。

【0062】同図(c)は共振器型分散等化器を示す図である。全反射ミラー151と半透過型ミラー150とを対向させ、半透過型ミラー150の側から光を入射すると、両ミラーの間隔に応じたある波長の光のみがミラー間で多重反射し、共振状態となる。この共振波長の近傍では、周波数に比例するある回数の多重反射を繰り返した光が再び戻ってくるようになる。これをサーチュータにより取り出すことで、周波数(波長)に応じて異なる遅延時間を与え、分散等化する。共振周波数より高い領域または低い領域のいずれを使用するかで逆向きの分散特性が得られる。

### 【0063】

【発明の効果】送信側で光信号に与えるチャーピングをαパラメータが正のレッドチャーブとし、送信器に分散補償器を設け、中継器には前段の伝送路の分散を補償するように分散補償器の分散補償量を調整し、更に、受信器にも分散補償器を設けたことにより、所要の伝送特性が確保できる分散補償量のトレランスが広くなる。又、この結果、伝送距離に応じた分散補償器のメニュー設定を行った時、メニュー数が削減できる。

【0064】又、送信側でレッドチャーピングを行って、伝送路での非線形効果を打ち消すようにしたため光出力を高出力化することが出来る。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の基本構成を示す図である。  
【図2】αパラメータの変化に対する1R伝送可能距離

範囲の依存性を示した図である。

【図3】シングルモードファイバ伝送時のメニュー設定例を示す図である。

【図4】シングルモードファイバ伝送において、1R間隔が区間毎に異なる場合の分散補償の方法と受信側での波形劣化の様子を示す図である。

【図5】送信側分散補償量に対する所要伝送特性を満たす1R段数をそれぞれの $\alpha$ パラメータについて求めた図である。

【図6】1R間隔対1R残留分散量を示した図である。

【図7】分散補償器の単位ユニットを説明する図である。

【図8】分散補償器の単位ユニットに用いる光スイッチの一構成例である。

【図9】分散補償ファイバ以外の分散補償のための構成例を示した図である。

【図10】従来のプリチャーブと分散補償器の組み合わせを示す図である。

#### 【符号の説明】

- |                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 1、21、1000                        | 送信器 |
| 2、4、6、26、27、28、29、1003、1006、1009 | 伝送路 |
| 3、5、23、24、25、1004、1007           | 中継器 |
| 中継器                              |     |

7、22、1010 受信器

8、1001 E/O (電気信号／光信号変換器)

9、11、12、14、1005、1008、1012 分散補償器

10、1002 ポストアンプ

13、1011 ブリアンプ

15、1013 O/E (光信号／電気信号変換器)

130、131 出力口

132、133 スイッチ

10 135、136 ユニット挿入検出器

137 ユニット挿入検出信号処理部

138、140 ニネクタ

139 アダプタ

141 検出部

142 スイッチ

143 ファイバ

144 グレーティング

145 サーキュレータ

146 導波路

20 147 上部導波路

148 下部導波路

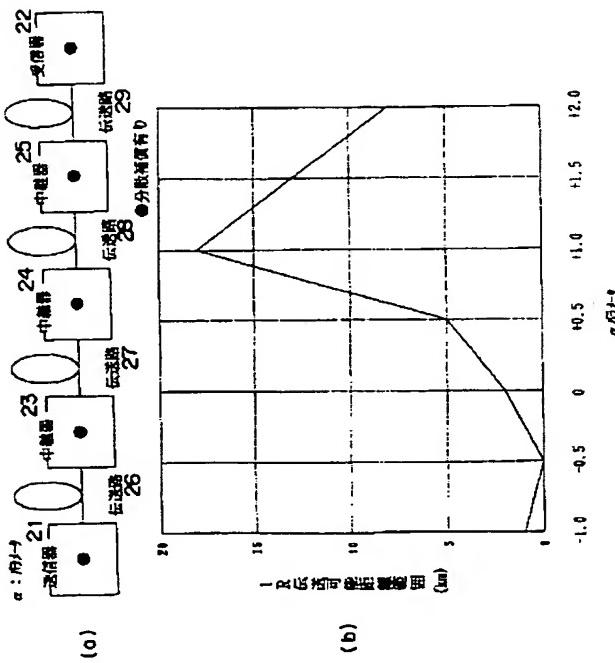
149 位相シフタ

150 半透過型ミラー

151 全反射ミラー

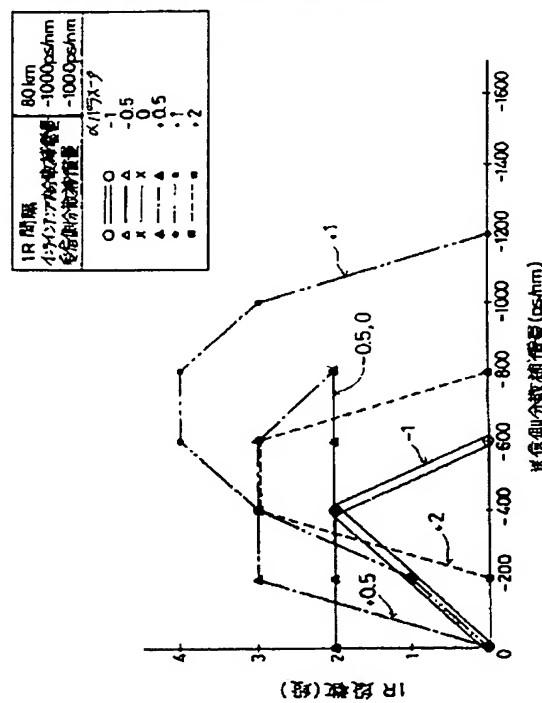
【図2】

$\alpha$ パラメータの変化に対する  
1R伝送可能距離範囲の依存性を示した図



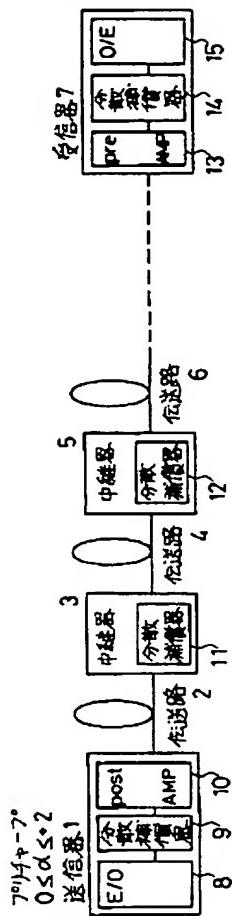
【図5】

送信側分散補償量に対する所要伝送特性を満たす1R段数を示す図



【図1】

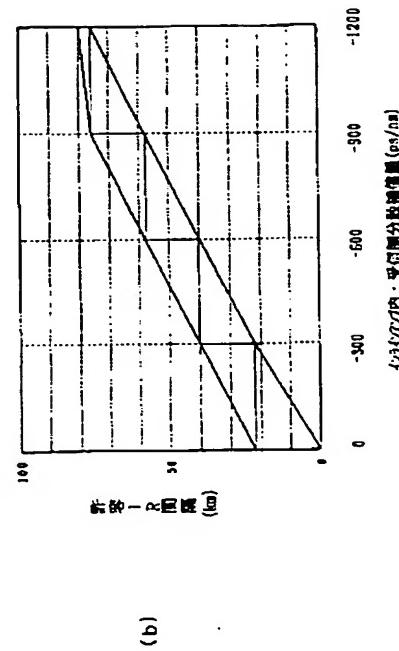
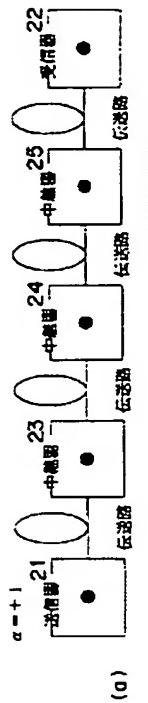
本発明の一実施例の基本構成を示す図



$\alpha/10^{\circ} \leq -\delta : 0 \leq \alpha \leq +2$   
 分散補償量 送信側 : 一定値  
 中継器 : 伝送路総介数 - (-定値)  
 受信側 : 伝送路総介数 - (-定値)

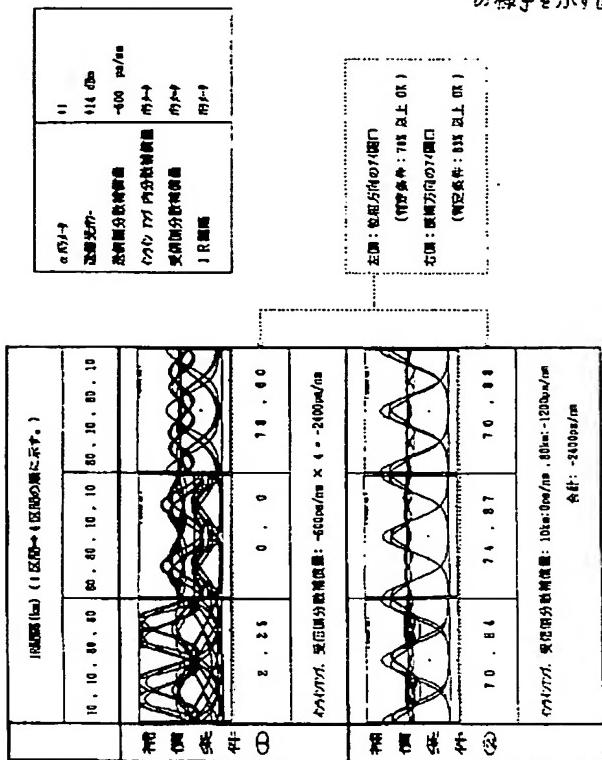
【図3】

シングルモードファイバ伝送時のメニュー設定例を示す図



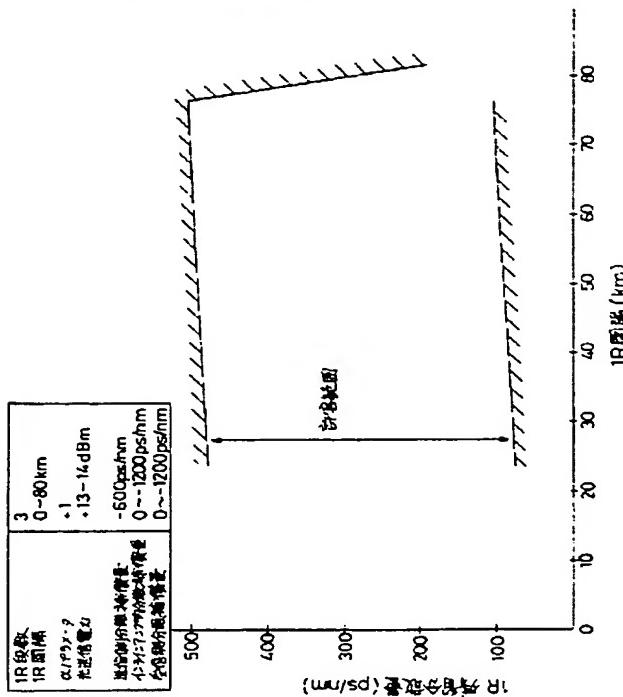
【図4】

シングルモードファイバ伝送において、1R間隔が区間毎に異なる場合の分散補償の方法と受信側での波形劣化の様子を示す図



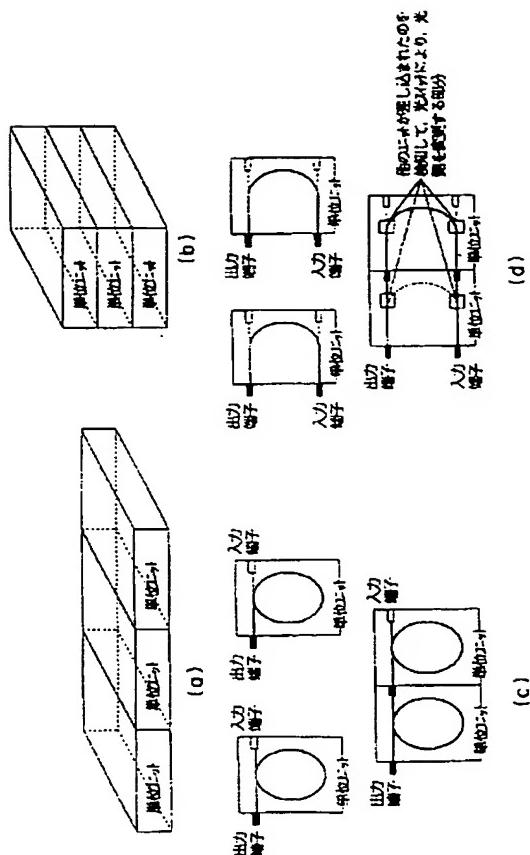
【図6】

1R間隔に対する残余分散量を示した図

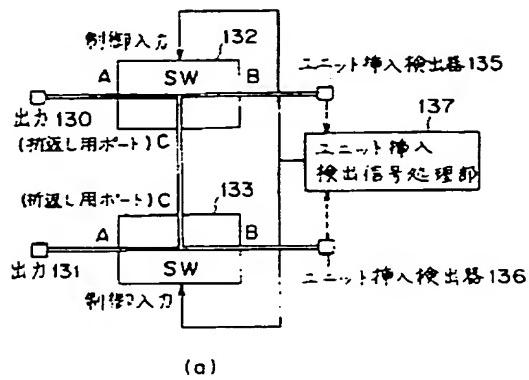


【図7】

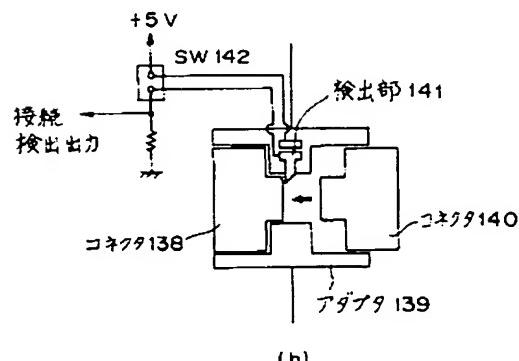
分散補償器の単位ユニットを説明する図



【図8】

分散補償器の単位ユニットに用いる  
光スイッチの一構成例

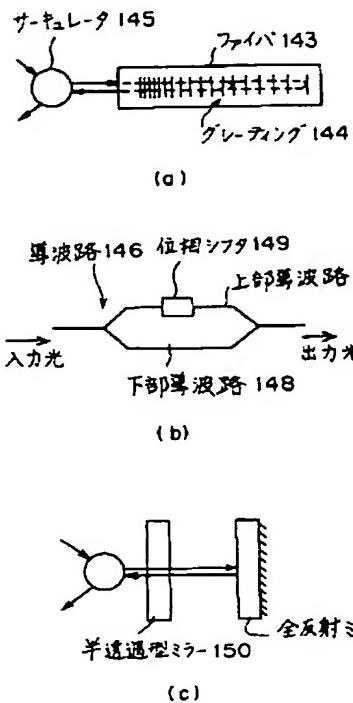
(a)



(b)

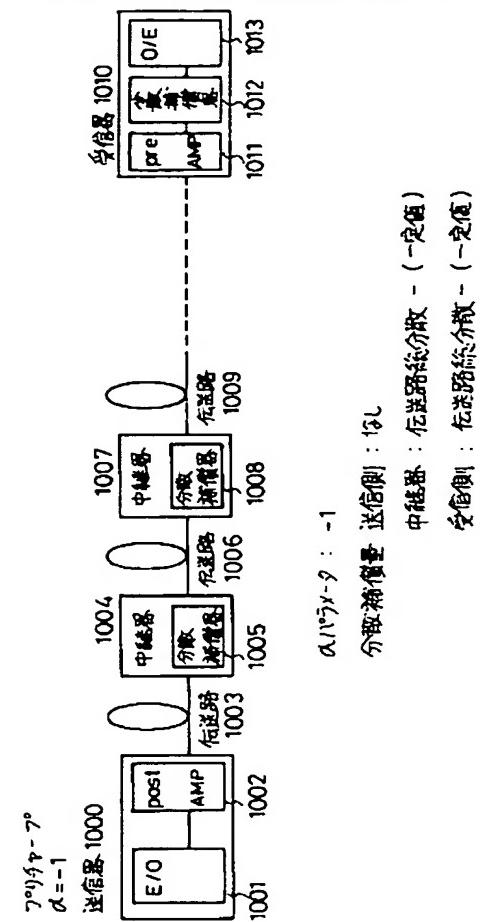
【図9】

分散補償ファイバ以外の  
分散補償のための構成例を示した図



【図10】

従来のアリケータと分散補償器の組み合わせを示す図



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

H 0 4 B 10/04

10/06

(72) 発明者 河崎 由美子

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 岡野 健

北海道札幌市中央区北一条西2丁目1番地  
富士通北海道ディジタル・テクノロジ株  
式会社内